

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-183949

(43)Date of publication of application : 09.07.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/37

(21)Application number : 09-349650

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 18.12.1997

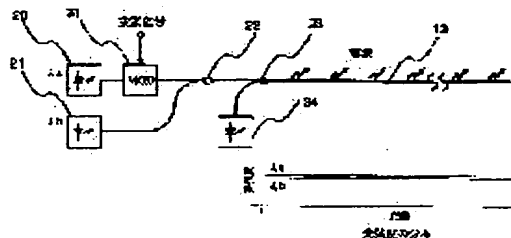
(72)Inventor : SUNAGA YOSHINORI

## (54) ELECTRIC WAVE GENERATOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electric wave generator capable of generating an extremely high frequency electric wave and radiating it uniformly within a fixed range with a simple configuration.

SOLUTION: In an electric wave generator which generates electric waves based on mutual interferences between a plurality of light beams from a plurality of light sources by inputting them to nonlinear optical elements, the nonlinear element is composed of optical fiber 12 to which a rare earth element is added, and a means 34 to excite this rare earth element is provided. It is possible to supplement the attenuation of light caused by the electric wave generation with the optical amplification.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3520753

[Date of registration] 13.02.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-183949

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 F 1/37

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/37

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-349650

(22) 出願日 平成9年(1997)12月18日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 須永 義則

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

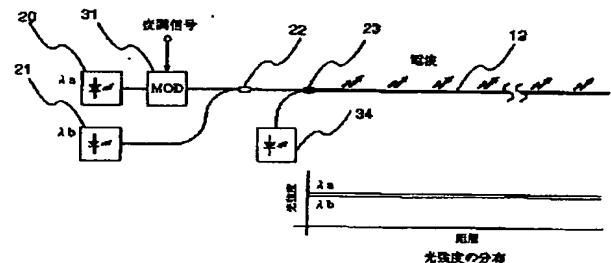
(74) 代理人 弁理士 網谷 信雄

(54) 【発明の名称】 電波発生器

(57) 【要約】

【課題】 簡素な構成で、極めて高い周波数の電波を一定の範囲に均一に発生・放射することが可能な電波発生器を提供する。

【解決手段】 非線形光学素子に複数の光源からの光線を入力し、これら複数の光線の相互干渉に基づく電波を発生させる電波発生器において、前記非線形素子を希土類元素が添加された光ファイバ12で構成し、この光ファイバ12中の希土類元素を励起させる手段34を設けた。電波発生による光の減衰を光増幅によって補うことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非線形光学素子に複数の光源からの光線を入力し、これら複数の光線の相互干渉に基づく電波を発生させる電波発生器において、前記非線形素子を希土類元素が添加された光ファイバで構成し、この光ファイバ中の希土類元素を励起させる手段を設けたことを特徴とする電波発生器。

【請求項 2】 上記光ファイバに沿わせて、この光ファイバ中に励起光を入力する手段を 1 以上配置したことを特徴とする請求項 1 記載の電波発生器。

【請求項 3】 非線形光学素子に複数の光源からの光線を入力し、これら複数の光線の相互干渉に基づく電波を発生させる電波発生器において、前記非線形素子を光ファイバで構成し、前記複数の光源をこの光ファイバの両端に分けて接続したことを特徴とする電波発生器。

【請求項 4】 上記光ファイバに双方向型光増幅器を挿入したことを特徴とする請求項 3 記載の電波発生器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の光線の相互干渉により電波を発生させる電波発生器に係り、特に、簡素な構成で、極めて高い周波数の電波を一定の範囲に均一に発生・放射することが可能な電波発生器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ミリ波など非常に周波数の高い電波信号を発生する手段として、光信号処理を使う電波発生器が提案されている。光は極めて周波数の高い電磁波であるため、光の領域で信号処理をすることにより電子回路では処理が難しい高い周波数の信号を比較的容易に扱うことができる。図 5 に、光信号処理を使つた高周波信号を発生する電波発生器の一例を示す。図 6 は、図 5 の電波発生器における光から電気への信号変換を周波数軸上で示したものである。

【0003】図 5 の電波発生器は、DFB レーザダイオードを用いた波長  $\lambda_a$  の光源 20、波長  $\lambda_b$  の光源 21 を備え、2 つの光源はそれぞれ光ファイバによって光合波器 22 に接続されている。波長  $\lambda_a$  の光源 20 と光合波器 22 との間には外部変調器 31 が備えられている。光合波器 22 において混合された波長  $\lambda_a$  および波長  $\lambda_b$  の光はフォトダイオード 40 に入力され、電気信号に変換される。ここで、2 つの光源 20、21 からの光は混合された際に干渉して周波数  $f = C/\lambda_b - C/\lambda_a$  のビートが発生している ( $C$  は真空中の光速)。フォトダイオード 40 は光の波の強度に比例した電気信号を出力するので、これによってビート信号の検波が行われ、図 6 に示されるように、ビート周波数と同じ周波数  $f$  の電気信号が得られる。一例として  $f = 10 \text{ GHz}$  の電気信号を得るには、例えば、 $\lambda_a = 1310.057 \text{ nm}$ 、 $\lambda_b = 1310.000 \text{ nm}$  などとすればよい。

【0004】フォトダイオード 40 から出力された電気信号は増幅器 41 において増幅され、アンテナ 50 から放射される。外部変調器 31 に変調信号を入力することにより波長  $\lambda_a$  の光を強度変調しており、アンテナ 50 から放射される電波には AM 変調がかけられている。あるいは光源として DBR レーザ等を用い  $\lambda_a$  の光に波長 (光周波数) 変調をかければ、アンテナ 50 から放射される電波に FM 変調をかけることができる。

【0005】以上のような構成によれば、電子回路で簡単には発生できない周波数、例えば数十 GHz の信号を容易に発生することができる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来技術の問題点は、フォトダイオードや増幅器等により高周波電気信号を扱う必要がある点にある。高周波信号の元となるビート信号の発生は光領域で行われるが、光から電気への変換、電気信号の増幅の部分に電子回路が残ることになる。フォトダイオードは一般に高速な応答特性を持たせることが可能であるが、数十 GHz の信号を扱うことができるものはまだ少なく高価である。増幅器についても数十 GHz を扱える回路は設計・製造が難しく一般に高価である。また、高周波になるほど消費電力が増えたり雑音特性が悪くなりやすいという性質もある。このため、従来技術ではシステムコストが高くなりやすい。また、さらに高い周波数への拡張性にも問題があり、例えば百 GHz やそれを越える高周波信号に対して使用可能な回路は実現困難と考えられる。以上の問題点により、電子回路を利用している従来技術には限界がある。

【0007】以上の問題を解決するため、光から直接電波を発生させる電波発生器が既に提案されている。図 7 は、その電波発生器を示したものであり、図 8 は、図 7 で示した電波発生器における信号の変化を周波数軸上に示したものである。

【0008】この電波発生器は、波長  $\lambda_a$  の光源 20 および波長  $\lambda_b$  の光源 21 を備え、波長  $\lambda_a$  の光源 20 から出力された光は外部変調器 31、EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) 32、光合波器 22 を通して非線形光学素子 10 に入力される。波長  $\lambda_b$  の光源 21 からの光は EDFA 32、光合波器 22 を通して非線形光学素子 10 に入力される。この非線形光学素子 10 は 2 次の非線形性を持っており、非線形光学素子 10 からの出力の成分には  $f = f_b - f_a$  の光が含まれる。ここで  $f_b = C/\lambda_b$ 、 $f_a = C/\lambda_a$  である。この時、 $f_b$ 、 $f_a$  が近い値になってくると周波数  $f$  は低くなり、図 8 に示されるように、光領域から電波の領域になる。

【0009】この電波は非線形光学素子 10 から直接放射させても良いし、一旦導波管などを通してから放射してもよいので、電子回路は全く必要なく電子回路の性能による制限は受けない。例えば  $1000 \text{ GHz}$  の電波を発生させるには、 $\lambda_a = 1550.801 \text{ nm}$ 、 $\lambda_b =$

1550.000nmなどとするだけでよい。

【0010】図9は、細長いエリアに一定の強さで電波を放出するため非線形光学素子を光ファイバで構成した電波発生器である。この電波発生器は、自動車道路、鉄道のような長く狭いエリアにおいて通信・放送を行う際に特に有効である。

【0011】この電波発生器は、図7の例と同様、波長 $\lambda_a$ の光源20および波長 $\lambda_b$ の光源21を備え、波長 $\lambda_a$ の光源20から出力された光は外部変調器31、EDFA32、光合波器22を通して非線形光学効果を持つ光ファイバ11に入力される。波長 $\lambda_b$ の光源21からの光はEDFA32、光合波器22を通して光ファイバ11に入力される。

【0012】ここで中心対称な媒質は2次の非線形光学効果を持たないため、この光ファイバ11はコア形状その他により非中心対称性を持たせてある。この光ファイバ11の非線形光学係数は図9に付記したように長さ方向に変化しており、光源から遠くなるほど大きくなっている。このため、非線形光学素子である光ファイバ11に入力した光は、光ファイバ11を進むにつれ徐々に電波に変換されていき強度が下がってくるが、この係数の分布を適当に設定すれば、単位長さあたりの電波の放出パワーを一定にすることができる。

【0013】このように、図9の電波発生器は、非常に高い周波数の電波を細長いエリアに放出する有効な電波発生器であるが、非線形光学係数が長さ方向に変化する光ファイバ11を製造するのは容易ではないという欠点がある。

【0014】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、簡素な構成で、極めて高い周波数の電波を一定の範囲に均一に発生・放射することが可能な電波発生器を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために第1の発明は、非線形光学素子に複数の光源からの光線を入力し、これら複数の光線の相互干渉に基づく電波を発生させる電波発生器において、前記非線形素子を希土類元素が添加された光ファイバで構成し、この光ファイバ中の希土類元素を励起させる手段を設けたものである。

【0016】上記光ファイバに沿わせて、この光ファイバ中に励起光を入力する手段を1以上配置してもよい。

【0017】また、第2の発明は、非線形光学素子に複数の光源からの光線を入力し、これら複数の光線の相互干渉に基づく電波を発生させる電波発生器において、前記非線形素子を光ファイバで構成し、前記複数の光源をこの光ファイバの両端に分けて接続したものである。

【0018】上記光ファイバに双方向型光増幅器を挿入してもよい。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、第1の発明の実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0020】図1に示されるように、本発明の電波発生器は、非線形光学効果を持ちかつエルビウムを添加された光ファイバ12、波長 $\lambda_a$ の光源20、波長 $\lambda_b$ の光源21、外部変調器31、光合波器22、光合波器23(WDM型)、励起光源34から成る。光ファイバ12には波長 $\lambda_a$ の光源20からの光、波長 $\lambda_b$ からの光源21からの光の他に、光ファイバ12中のエルビウムを励起する励起光源34からの光も入射されており、電波を放射するアンテナとEDFAとが一体になった構成である。

【0021】光ファイバ12の2次の非線形光学効果により、光ファイバ12内部には $f = f_b - f_a$ の成分が生成される。ここで $f_b = C/\lambda_b$ 、 $f_a = C/\lambda_a$ である。この時 $f_b$ 、 $f_a$ を近い値にしていくと周波数 $f$ は小さくなっていき、ある一定の条件で光領域から電波の領域となり光ファイバ12から放射される。ここで光ファイバ12のエルビウム濃度、励起光強度を適当(通常のEDFAに用いるより低め)に調整し、光ファイバ12中の信号光の強度の減衰と増幅とが釣り合うように設定する。このようにすれば2つの光源20、21(波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ )からの光のパワーが電波として放射されて減少する分を励起されたエルビウムイオンによる光増幅によって補うような作用をさせることができるため、2つの光源20、21からの光の強度は、図1に付記した分布が示すように長さ方向に亘って一定に保つことができる。結果として単位長さあたりの電波の放射量を一定にすることが可能である。また、従来技術のように光ファイバの非線形係数を長さ方向に変える必要がないので、電波発生器の実現が大幅に容易にすることができる。

【0022】なお、図1では励起光の進む方向を2つの光源20、21(波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ )からの光の進む方向と同じにしたが、図中右側から入射させて逆方向に進ませてもよい。条件を整えれば2つの光源20、21(波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ )からの光の強度分布を一定にする効果をさらに高めることが可能である。

【0023】次に、他の実施形態を説明する。

【0024】図2の電波発生器は、図1の電波発生器に対し、励起光源34、光合波器23を光ファイバ12の途中に加えたものである。2つの光源20、21からの光の強度は、図2に付記した分布が示すように長さ方向に亘って一定に保つことができる。図2のように励起光源34、光合波器23を光ファイバ12の途中に加えることにより、電波放射範囲を長距離化すること、あるいは放射電波の強度を向上させることが可能である。

【0025】なお、図2では励起光源34、光合波器23を光ファイバ12の途中に一組だけ加えているが、この数を増やせば上記の効果はさらに向上する。

【0026】以上の説明では光源の数を2とし、2次の非線形効果を利用した例を示してきたが、光源数、非線形効果の次数はこれに限らず、非線形素子の性質や必要な電波の周波数などに合わせて、それぞれ自由に選択することが可能である。

【0027】第1の発明の要点は、非線形光学効果を持つ光ファイバに希土類元素を添加し、光ファイバの希土類元素を励起する手段を設けた点にある。この電波発生器を用いれば、極めて高い周波数の電波を容易に発生させ、かつ一定の範囲に均一に放射することが可能となる。

【0028】以下、第2の発明の実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0029】図3に示されるように、本発明の電波発生器は、波長 $\lambda a$ の光源20、波長 $\lambda b$ の光源21、外部変調器31、EDFA32、非線形光学効果を持つ光ファイバ11を備え、波長 $\lambda a$ の光源20から出力された光は外部変調器31、EDFA32を通して図3の左側から光ファイバ11へ、波長 $\lambda b$ の光源21からの光はEDFA32を通して図3の右側から光ファイバ11へ入力される。非線形光学効果を持つ光ファイバ11に入射される光はいずれもEDFA32により高い強度を得ている。また、高い非線形効果を得るため、両方の光のスペクトル線幅は出来るだけ小さくなるよう光源を選択してある。波長 $\lambda a$ の光源20から出力された光は外部変調器31によって強度変調がかけられている。

【0030】光ファイバ11の2次の非線形光学効果により、光ファイバ内部には $f = f_b - f_a$ の成分が生成される。ここで $f_b = c/\lambda b$ 、 $f_a = c/\lambda a$ である。この時 $f_b$ 、 $f_a$ を近い値にしていくと周波数 $f$ は小さくなっていき、ある一定の条件で光領域から電波の領域となり光ファイバ11から放射される。この $f = f_b - f_a$ の成分の発生量は2つの光の強度の積で定まる。2つの光は、図3に付記した分布が示すように、それぞれ光ファイバ11中を伝搬するに従い、発生する電波にエネルギーを与えながら強度が低下していくが、2つの光を逆方向に伝搬させることにより強度の積を長さ方向に亘ってほぼ一定にすることができるため、 $f = f_b - f_a$ の電波の単位長さあたりの発生量は長さ亘って方向にほぼ一定に保たれる。光ファイバ11の非線形光学係数は長さ方向に一定でよいと、この光ファイバ11は容易に製造が可能である。このため、非常に高い周波数の電波を細長いエリアに放出するシステムを容易に実現することができる。

【0031】他の実施形態として、図4のように光ファイバの途中に双方向の光を増幅できる光増幅器、例えばEDFA33を挿入してもよい。このようにすれば上記のような性質を保つまま電波を放射するエリアを伸ばすことができる。またはエリア長を同じとし放射電波の強度を上げることも可能である。図4ではEDFA33

は1台であるが、これを複数にすれば上記の効果をさらに向上させることができる。

【0032】以上の説明では光源の数を2とし、2次の非線形効果を利用した例を示してきたが、光源数、非線形効果の次数はこれに限らず、非線形素子の性質や必要な電波の周波数などに合わせて、それぞれ自由に選択することが可能である。

【0033】第2の発明の要点は、複数の光の一部を片端から、他をもう一方の端から入射させた点にある。この電波発生器を用いれば、極めて高い周波数の電波を容易に発生させ、かつ一定の範囲に均一に放射することが可能となる。

【0034】なお、この光ファイバに希土類元素を添加することにより、第1の発明を複合して実施することも可能である。

【0035】

【発明の効果】本発明は次の如き優れた効果を発揮する。

【0036】(1) 極めて高い周波数の電波を容易に発生させ、かつ一定の範囲に均一に放射することが可能となる。

【0037】(2) 非線形光学係数を長さ方向に変化させなくてよいので、光ファイバが簡素になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示す電波発生器の構成図である。

【図2】本発明の他の実施形態を示す電波発生器の構成図である。

【図3】本発明の他の実施形態を示す電波発生器の構成図である。

【図4】本発明の他の実施形態を示す電波発生器の構成図である。

【図5】従来の電波発生器の構成図である。

【図6】図5の電波発生器における光から電気への信号変換を周波数軸上で示した図である。

【図7】従来の電波発生器の構成図である。

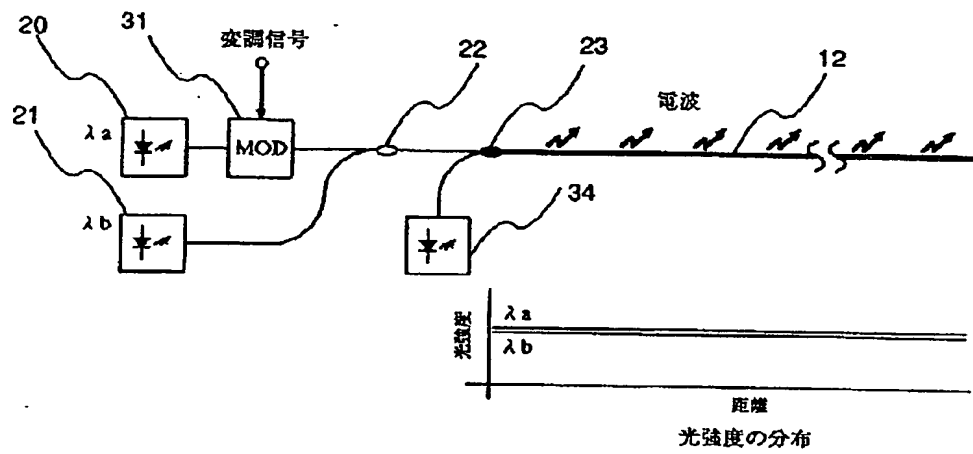
【図8】図7の電波発生器における光から電気への信号変換を周波数軸上で示した図である。

【図9】従来の電波発生器の構成図である。

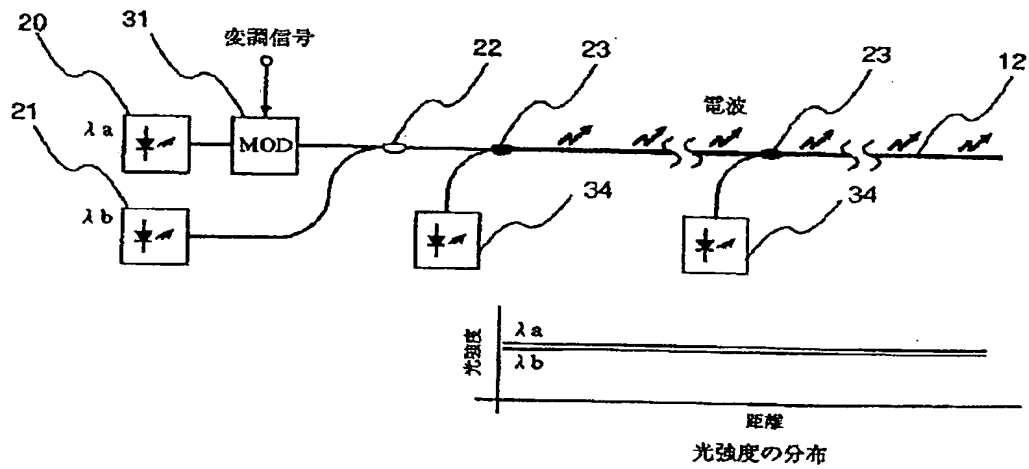
【符号の説明】

- 11 非線形光学素子 (光ファイバ)
- 12 非線形光学素子 (希土類元素添加光ファイバ)
- 20 光源 (波長 $\lambda a$ )
- 21 光源 (波長 $\lambda b$ )
- 22 光合波器
- 23 光合波器
- 31 外部変調器
- 32 EDFA
- 34 励起光源

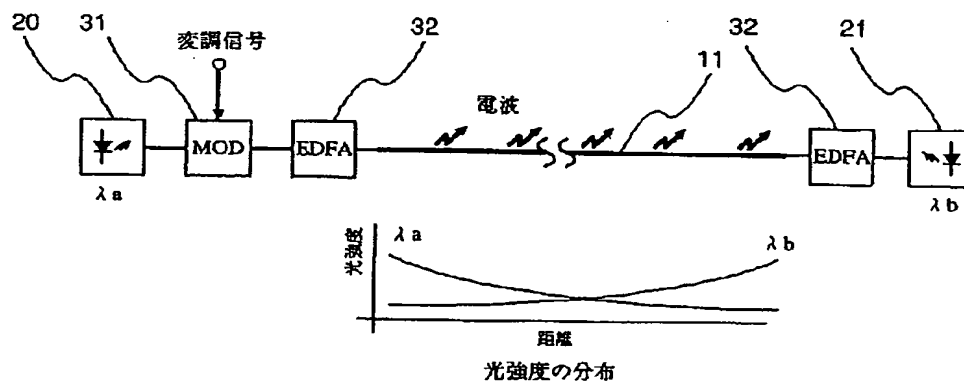
【図1】



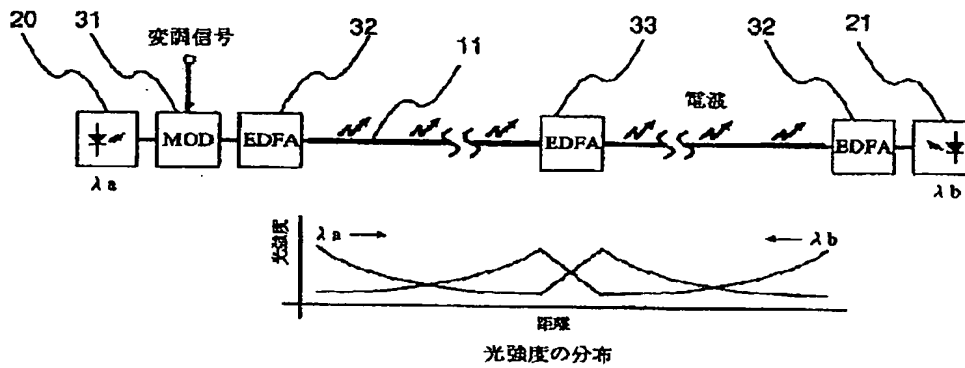
【図2】



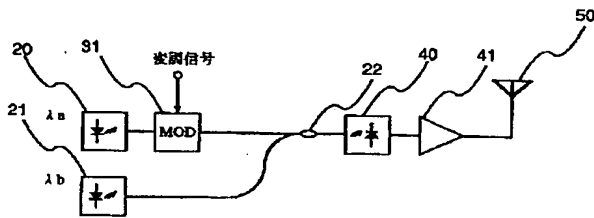
【図3】



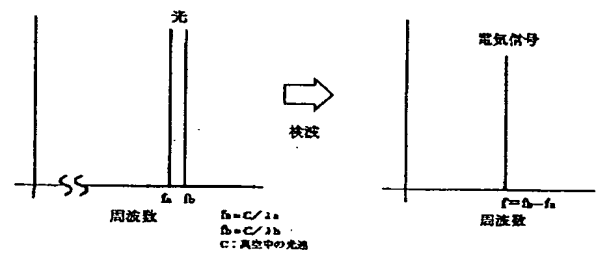
【図 4】



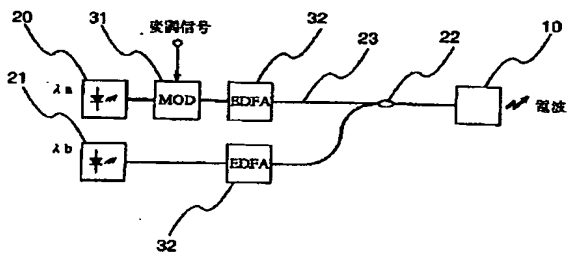
【図 5】



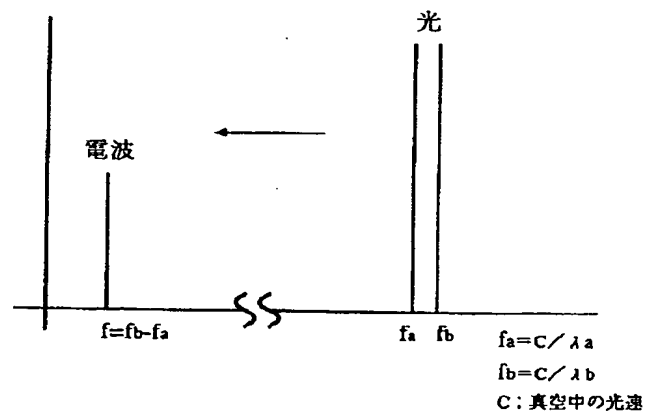
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

